

(奥 羽 大 歯 学 誌)  
(Vol. 30 (1) ; 18-32 2003)

## 人工の変色歯を用いた新漂白法

町 田 操

### New Bleaching Method of Artificially Discolored Teeth

Misao MACHIDA

Recently a demand for aesthetic dental treatment, especially for bleaching teeth, has greatly increased among dental patients. Therefore, teeth whitening has been performed widely, whether for vital or non-vital teeth. However, teeth whitening can cause damage of the parodontium or teeth root and weaken the enamel.

Accordingly, in the current research this bleaching was carried out with different bleaching agents. For new agents, (A) bibasic calcium phosphate + carboxy methyl cellulose sodium salt (B) sodium lauryl sulfate + carboxy methyl cellulose sodium salt (C) sodium lauroyl sarcosinate + carboxy methyl cellulose sodium salt (D) bibasic calcium phosphate + sodium lauryl sulfate + sodium lauroyl sarcosinate + carboxy methyl cellulose sodium salt were used in place of the usual ones,  $H_2O_2$  or urea peroxide. As part of the procedures in the experiment the agent, tannin acid sheep erythrocyte, was used for the discoloration of the teeth. Then the above-mentioned four agents were poured into the pulp chamber from the lingual side and sealed with a temporary stopping, and then the teeth were kept in an incubator for one week. After that the lightness and color differences were measured by the color measuring instrument (Murakami CMS-35FS) and the hardness of the dentin was also measured by Brinell hardness measuring instrument.

The results show that the method using the four agents is about the same in effectiveness of whitening teeth, with a difference that can be recognized with the naked eye. The dentin hardness is lowered to some extent however, the above-mentioned four agents are clearly demonstrated to be better bleaching agents. Moreover, D group was the best among the four groups.

Key words : bleaching agent, discoloration, lightness, hardness

#### 緒 言

近年、歯科治療に対する審美的要求が高まっている中、とくに歯を白くしたいという希望で来院する患者が多くなってきており、有髄歯、無髄歯

を問わず歯の漂白<sup>1-10)</sup>が盛んに行われている。

歯の漂白は従来より行われている方法として、無髄歯に対しては光照射を併用しないウォーキングブリーチ法<sup>11-14)</sup>が一般的であり、有髄歯に対しては赤外線などの光を照射する方法<sup>15,16)</sup>が用いら

受付：平成14年12月27日，受理：平成15年1月8日  
奥羽大学大学院歯学研究科歯内歯周療法学専攻  
(指導：天野義和教授)

Ohu University Graduate School of Dentistry,  
Endodontics and Periodontics Major  
(Director : Prof. Yoshikazu AMANO)

れてきた。現在、漂白はホワイトニング<sup>17)</sup>という言葉が使用されオフィスブリーチングあるいはホームブリーチング<sup>18-24)</sup>が広く行われるようになっている。

しかし、いずれの漂白方法においても漂白剤として過酸化水素水や過酸化尿素を使用するため、漂白を行う際には歯肉の損傷<sup>25-33)</sup>を防ぐ対策として、口腔粘膜にココアバターなどを塗布しラバーダム防湿を施す必要がある。

そこで、過酸化水素水や過酸化尿素を使用せずに、歯肉に対して損傷などの恐れのない漂白効果を見い出すことを目的として、歯磨剤として一般に使用されている4種類の薬剤を用いて、ヒト抜去無髄歯を人工的に変色させた後に漂白を行い、測色計を使用し明度と色差を求めて漂白効果について検討した。また、象牙質の無漂白と漂白後の硬さ<sup>34)</sup>を測定して比較検討した。

## 材料と方法

### 1. 材 料

#### 1) 被 験 歯

被験歯は抜去後直ちに生理食塩液に保管されていたヒト抜去切歯で、う蝕や亀裂がなく、さらに修復物が施されていないもの8歯を用いた。

#### 2) 変 色 剤

歯を変色させるための変色剤には、タンニン酸ヒツジ赤血球（インターセルテクノロジー社）を用いた。

#### 3) 漂 白 剤

本研究で用いた漂白剤は次のA, B, C, およびDの4群に分類した。すなわち優れた吸着性、分散性、崩壊性などの作用を有するカルボキシメチルセルロースナトリウムを4群のベースにして用いて、さらにA群では研磨剤として使用されているリン酸水素カルシウムを使用、B群では洗浄、乳化、浸透、分散、発泡作用を有する陰イオン界面活性剤のラウリル硫酸ナトリウムを使用、C群ではB群の炭素数12個のスルホン酸ナトリウム型の代わりに炭素数15個のカルボン酸ナトリウム型である陰イオン界面活性剤のラウロイルサルコシナトリウムを使用。D群では研磨剤のリン酸水素カルシウムと2種の異なる型の陰イオン界面活

性剤であるラウリル硫酸ナトリウムとラウロイルサルコシナトリウムを使用して各群での漂白剤の併用効果を検索する目的で分類した。さらに各群をペースト状に調整する目的で使用した液体薬剤として、グラム陽性菌やグラム陰性菌に強い殺菌力を有し、さらに刺激性に弱く、耐性菌が生じにくいグルコン酸クロルヘキシジンと、界面活性型の抗菌剤である、塩酸アルキルジアミノエチルグリシンを2:1の割合で混合して使用した。粉末は4種類の組み合わせにして漂白剤として使用した。なお、粉末は同量の割合で混合し、ペースト状にする際には、粉末0.5gに対して液体0.5mlの割合で使用した。その組み合わせは次の通りである。

#### A 群

結合剤：カルボキシメチルセルロースナトリウム  
[RnOCH<sub>2</sub>COONa]

R = (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>; n = 10~15

添加剤：リン酸水素カルシウム  
[CaHPO<sub>4</sub>]

#### B 群

結合剤：カルボキシメチルセルロースナトリウム  
[RnOCH<sub>2</sub>COONa]

R = (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>; n = 10~15

添加剤：ラウリル硫酸ナトリウム  
[CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>11</sub>OSO<sub>3</sub>Na]

#### C 群

結合剤：カルボキシメチルセルロースナトリウム  
[RnOCH<sub>2</sub>COONa]

R = (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>; n = 10~15

添加剤：ラウロイルサルコシナトリウム  
[CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>10</sub>CONC(CH<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>COONa]

#### D 群

結合剤：カルボキシメチルセルロースナトリウム  
[RnOCH<sub>2</sub>COONa]

R = (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>; n = 10~15

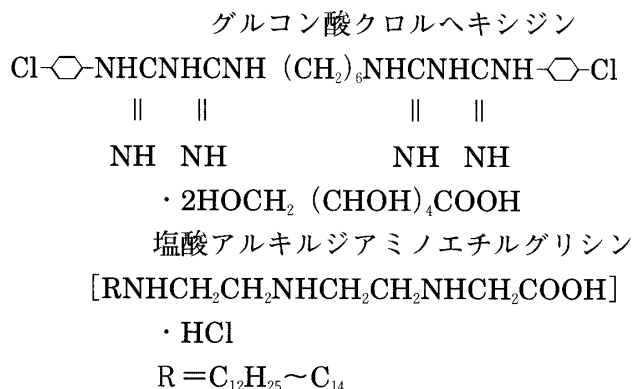
添加剤：リン酸水素カルシウム  
[CaHPO<sub>4</sub>]

ラウリル硫酸ナトリウム  
[CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>11</sub>OSO<sub>3</sub>Na]

ラウロイルサルコシナトリウム

[CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>10</sub>CONC(CH<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>COONa]

なお、次の液体薬剤はA～D群に添加した。



## 2. 方 法

### 1) 変色方法

抜去後直ちに生理食塩液に保管されていたヒト抜去切歯の舌面をエアータービンを用いて切削し、天蓋を除去する。つぎに、髓室内にタンニン酸ヒツジ赤血球を0.3ml注入した後、テンポラリーストッピング仮封を行い、生理食塩液に浸漬して37℃の恒温槽（SHIMADZU SPI-28）に10日間保管し変色を行った。

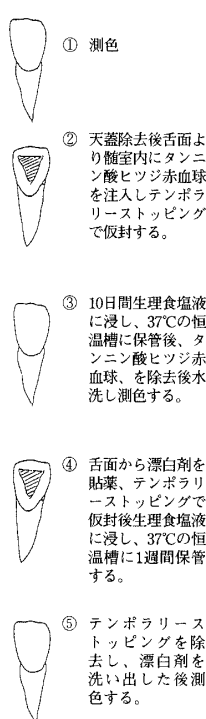
### 2) 漂白方法

恒温槽に保管されていたヒト抜去切歯の舌面に仮封されているテンポラリーストッピングを除去した後、注入されていたタンニン酸ヒツジ赤血球を水洗によって十分に除去し乾燥する。その後、漂白剤として調合したA、B、CおよびD群のそれぞれのペーストを0.25g貼薬し、テンポラリーストッピングで仮封後、生理食塩液に浸漬し37℃の恒温槽に一週間保管し、漂白を行った。

### 3) 測色方法

変色前、変色後および漂白後の測色には測色分光光度計（CMS-35FS 村上色彩分析研究所）を用いて行った。測色部位は唇側の歯冠中央部と同じ部位を3回ずつ測定した。測色はJIS Z 8722規定に準拠してCIELAB表色系の三刺激直読計によってL\*, a\*およびb\*を測定した。また、色差（ $\Delta E^* a b$ ）はあらかじめ作成されているコンピューターのソフトMICC SYSTEM V3（村上色彩分析研究所）によりL\*, a\*およびb\*をコンピューターPC9821 Xb10（NEC）に入力して求めた。なお、測色に用いた被験歯はA～D群、各2歯とした。

#### 測色手技手順



#### ブリネル硬度測定手技手順

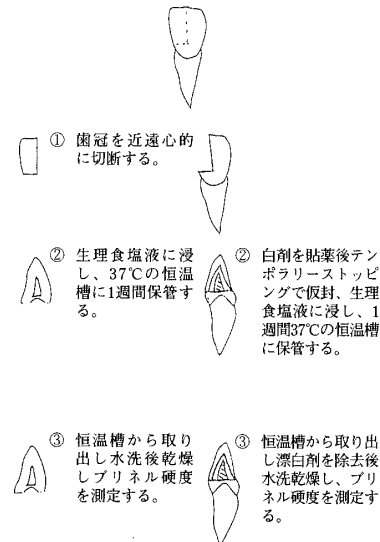


図1 ブリネル硬度計を用いた象牙質の硬さの測定

### 4) ブリネル硬さの測定方法

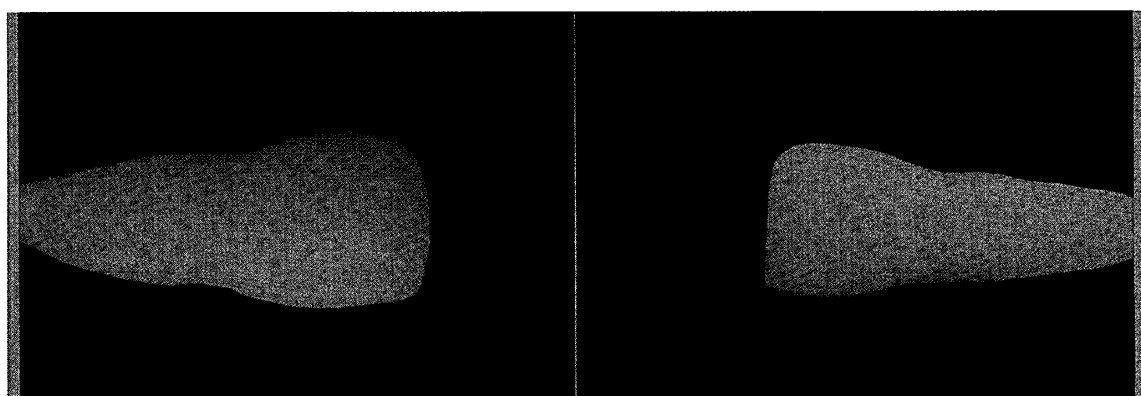
一本の歯を低速切削機（アイソメット ビューラー社）を用いて長軸に対して歯冠中央から歯冠部のみを半分は切断した。一方はそれぞれの漂白剤を貼薬して仮封した後、生理食塩液に浸漬し恒温槽に保管した。

また、他の一方は漂白剤を貼薬せずに同様の条件で恒温槽に一週間保管した。その後両試料のエナメル質を除去して象牙質を露出し、十分に乾燥させた後ブリネル硬度計（森試験機製作所）を用いて1試料につき3回測定した（ $H_B \ 1.5/20/30$ ）（図1）。

## 結 果

### 1. 明度（L\*）と色差（ $\Delta E^* a b$ ）

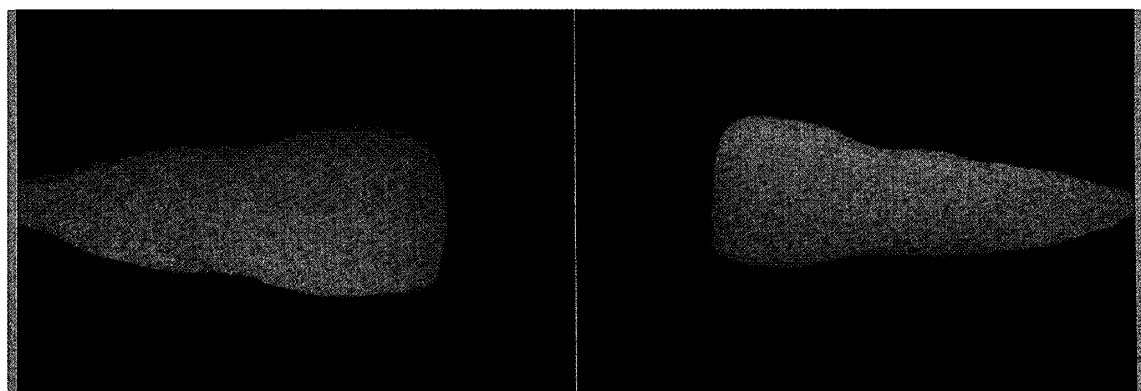
変色前、変色後および漂白後の歯冠の状態を写真（1～4）に示す。変色後は変色前よりも褐色ないし暗色を示し、漂白後は変色後よりも白さを増していた。また、これらの歯の測色結果を表1～4に示し、これらの数値を色座標上にプロット



変色前

A-1

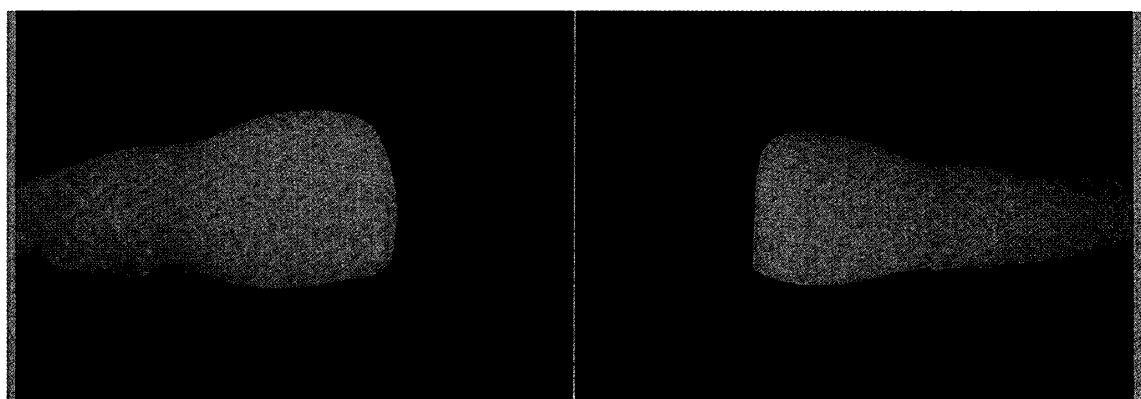
A-2



変色後

A-1

A-2

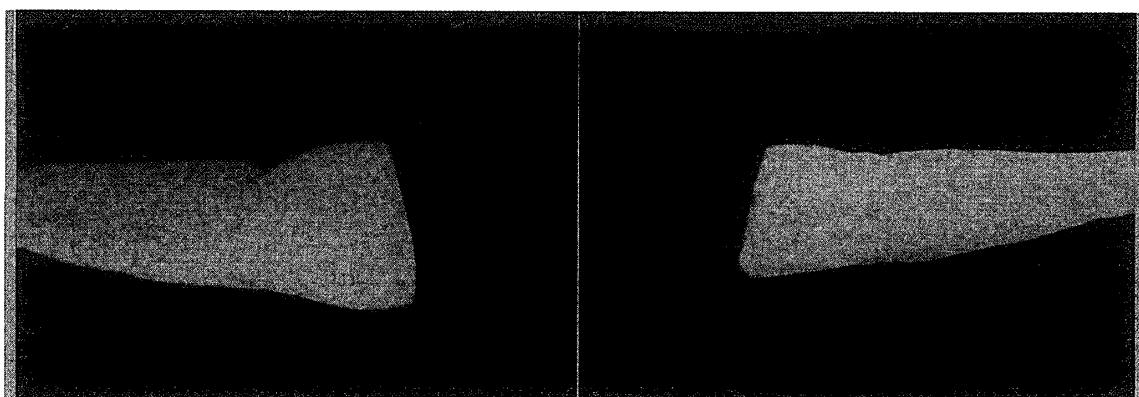


漂白後

A-1

A-2

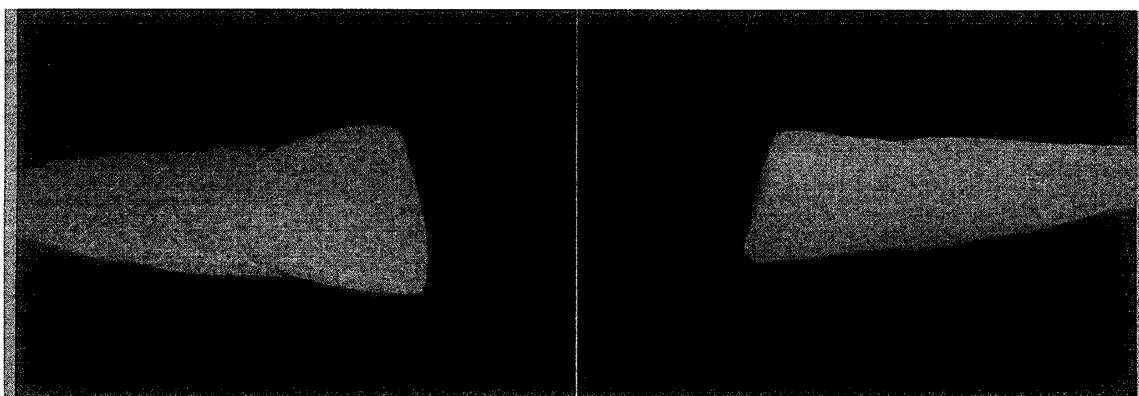
写真1 試薬Aを用いたときの変色前，変色後および漂白後



変色前

B-1

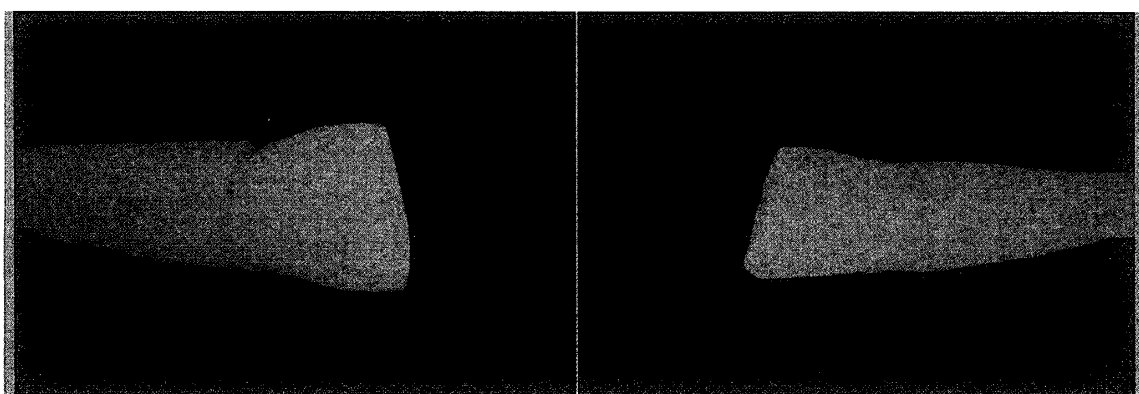
B-2



変色後

B-1

B-2

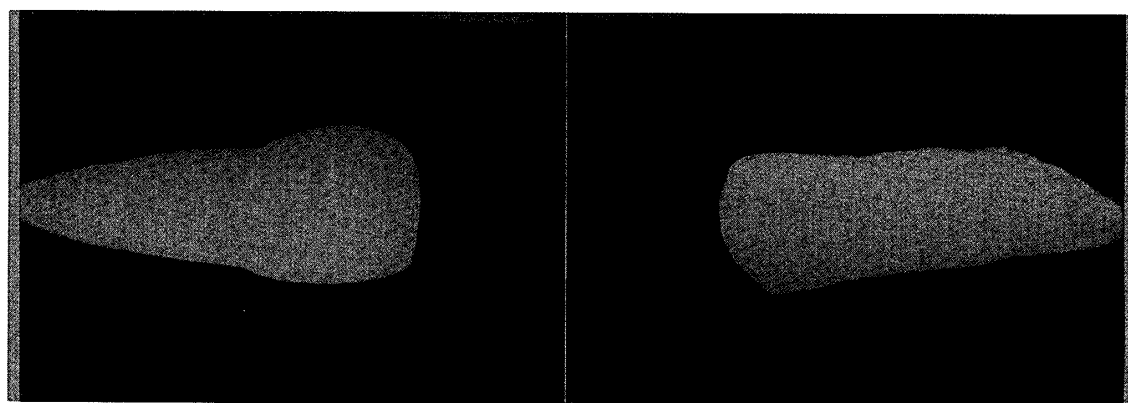


漂白後

B-1

B-2

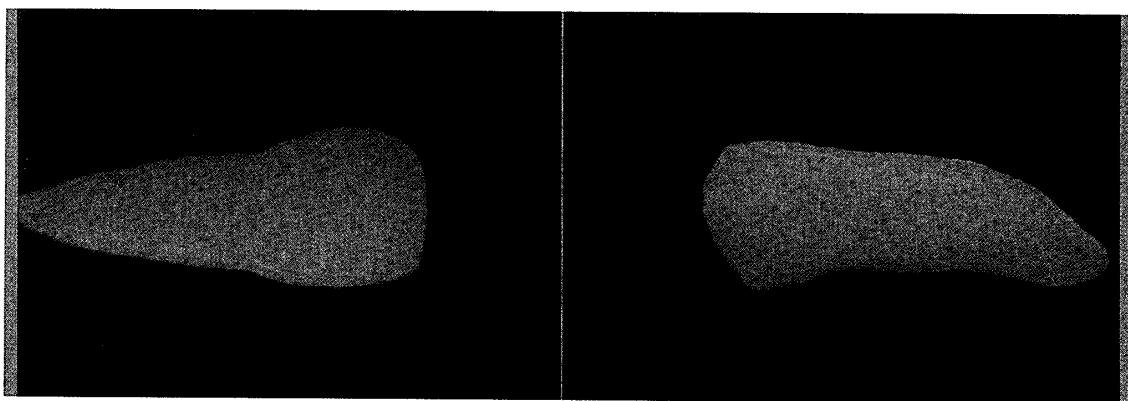
写真2 試薬Bを用いたときの変色前，変色後および漂白後



変色前

C-1

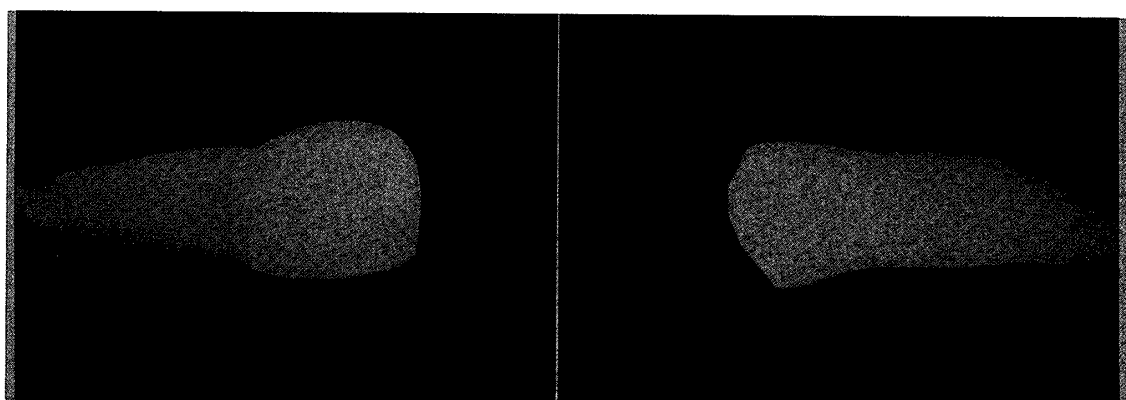
C-2



変色後

C-1

C-2

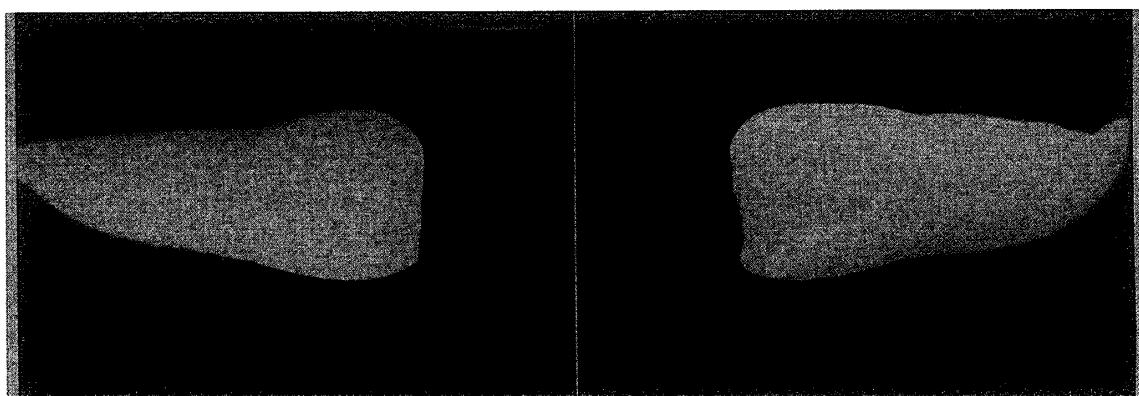


漂白後

C-1

C-2

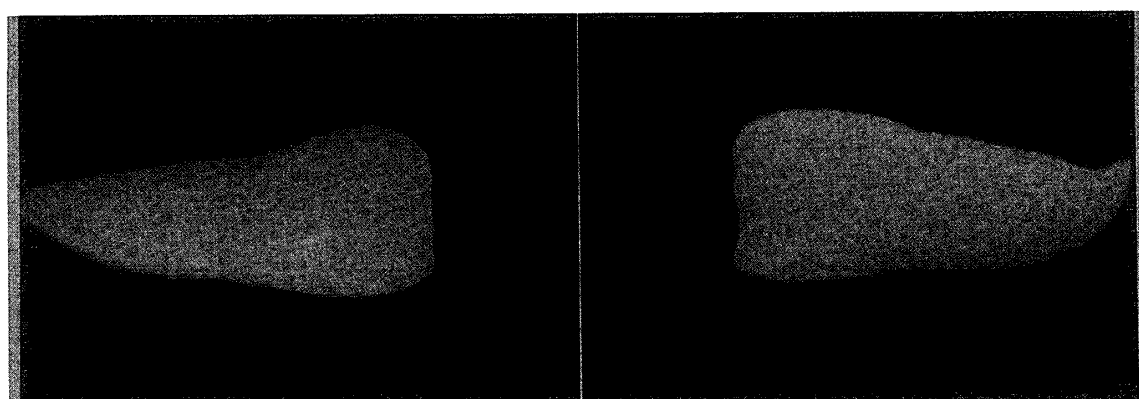
写真3 試薬Cを用いたときの変色前，変色後および漂白後



変色前

D-1

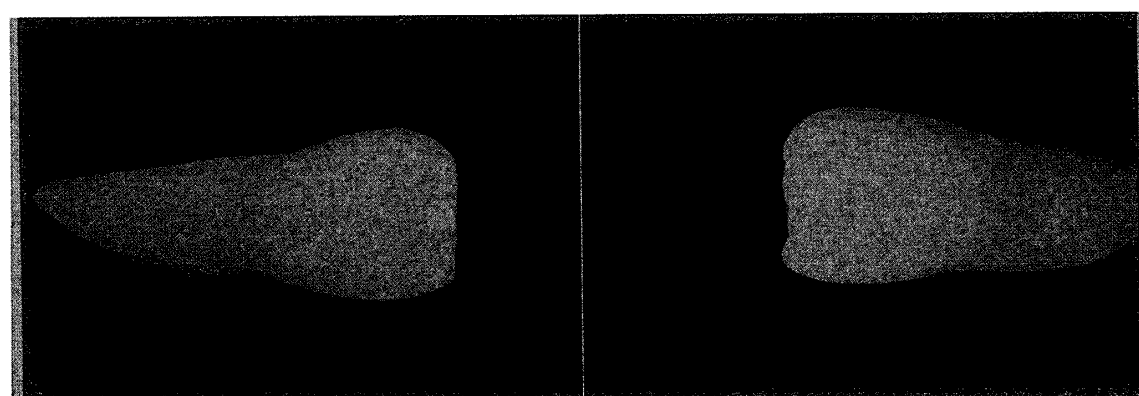
D-2



変色後

D-1

D-2



漂白後

D-1

D-2

写真4 試薬Dを用いたときの変色前，変色後および漂白後

表1 試薬Aを用いた時の変色前，変色後および漂白後の明度と色差

試薬		L*	a*	b*	( $\Delta E^*ab$ )
A-1	変色前	52.64 $\pm$ 0.35	-2.73 $\pm$ 0.06	-1.25 $\pm$ 0.77	14.52 $\pm$ 10.23
	変色後	46.68 $\pm$ 2.38	0.46 $\pm$ 2.96	13.90 $\pm$ 8.50	
	漂白後	55.44 $\pm$ 1.48	-2.83 $\pm$ 0.10	4.17 $\pm$ 2.32	
A-2	変色前	45.95 $\pm$ 0.52	-3.06 $\pm$ 0.07	-0.53 $\pm$ 0.46	14.99 $\pm$ 3.68
	変色後	43.17 $\pm$ 1.93	1.76 $\pm$ 1.22	12.33 $\pm$ 3.94	
	漂白後	48.26 $\pm$ 0.76	-3.02 $\pm$ 0.10	0.02 $\pm$ 0.09	

表2 試薬Bを用いた時の変色前，変色後および漂白後の明度と色差

試薬		L*	a*	b*	( $\Delta E^*ab$ )
B-1	変色前	42.39 $\pm$ 0.70	-2.11 $\pm$ 0.59	9.07 $\pm$ 1.52	6.44 $\pm$ 2.66
	変色後	36.34 $\pm$ 2.42	-0.42 $\pm$ 0.11	10.76 $\pm$ 0.62	
	漂白後	43.70 $\pm$ 1.77	-2.03 $\pm$ 0.45	9.68 $\pm$ 1.10	
B-2	変色前	47.01 $\pm$ 2.21	-2.44 $\pm$ 0.23	4.55 $\pm$ 0.88	5.36 $\pm$ 1.70
	変色後	43.28 $\pm$ 0.13	-1.55 $\pm$ 0.09	7.55 $\pm$ 0.14	
	漂白後	49.49 $\pm$ 0.86	-2.48 $\pm$ 0.63	4.98 $\pm$ 0.52	

表3 試薬Cを用いた時の変色前，変色後および漂白後の明度と色差

試薬		L*	a*	b*	( $\Delta E^*ab$ )
C-1	変色前	48.22 $\pm$ 2.75	-1.89 $\pm$ 0.30	5.46 $\pm$ 2.69	15.87 $\pm$ 5.72
	変色後	45.03 $\pm$ 1.00	10.51 $\pm$ 8.00	9.40 $\pm$ 0.32	
	漂白後	50.16 $\pm$ 1.06	-2.40 $\pm$ 0.16	-0.96 $\pm$ 0.32	
C-2	変色前	50.43 $\pm$ 1.90	-2.53 $\pm$ 0.11	-1.84 $\pm$ 0.69	8.98 $\pm$ 2.99
	変色後	45.32 $\pm$ 1.37	-1.77 $\pm$ 0.29	4.03 $\pm$ 2.61	
	漂白後	49.65 $\pm$ 0.91	-2.23 $\pm$ 0.24	6.21 $\pm$ 3.30	

表4 試薬Dを用いた時の変色前，変色後および漂白後の明度と色差

試薬		L*	a*	b*	( $\Delta E^*ab$ )
D-1	変色前	43.47 $\pm$ 0.71	-2.38 $\pm$ 0.02	4.25 $\pm$ 0.33	2.80 $\pm$ 1.56
	変色後	41.57 $\pm$ 2.33	-1.70 $\pm$ 0.36	3.40 $\pm$ 1.04	
	漂白後	54.50 $\pm$ 1.00	-2.68 $\pm$ 0.16	8.71 $\pm$ 1.00	
D-2	変色前	57.02 $\pm$ 0.52	-3.51 $\pm$ 0.11	-2.89 $\pm$ 0.21	8.28 $\pm$ 1.02
	変色後	48.88 $\pm$ 0.85	-2.93 $\pm$ 0.06	-0.83 $\pm$ 0.57	
	漂白後	57.86 $\pm$ 1.20	-3.68 $\pm$ 0.17	-3.29 $\pm$ 0.53	



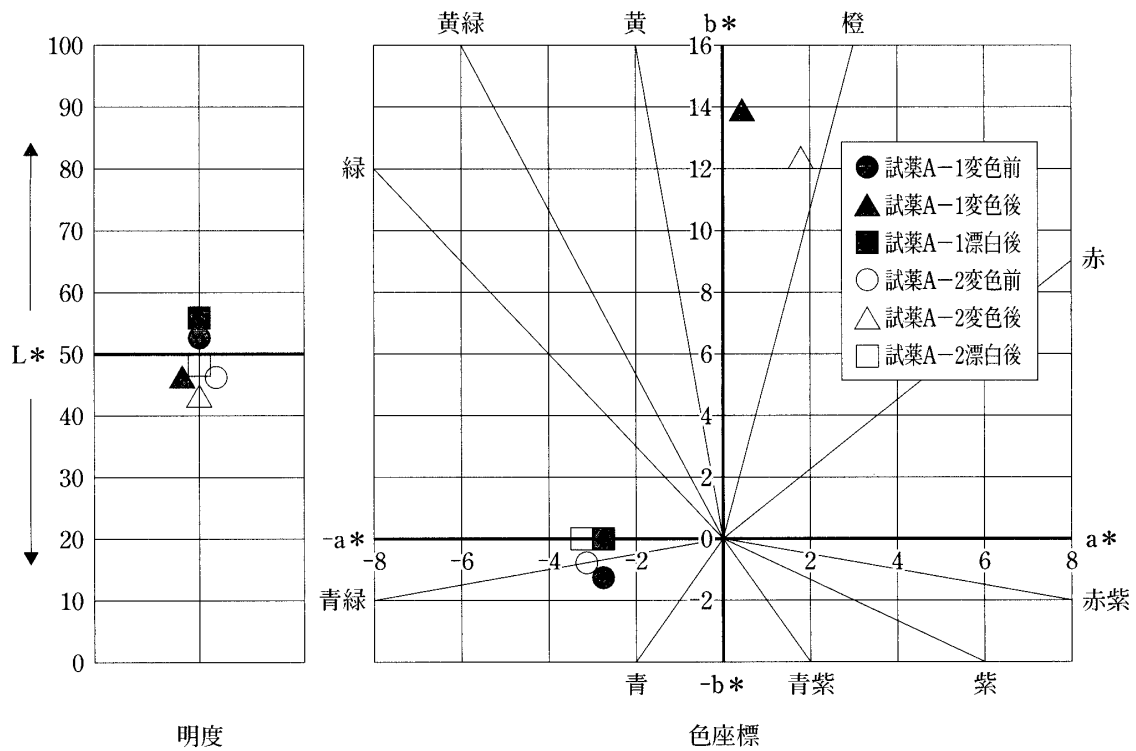


図2 試薬Aの着色前，着色後および漂白後の明度および色相，彩度の色座標

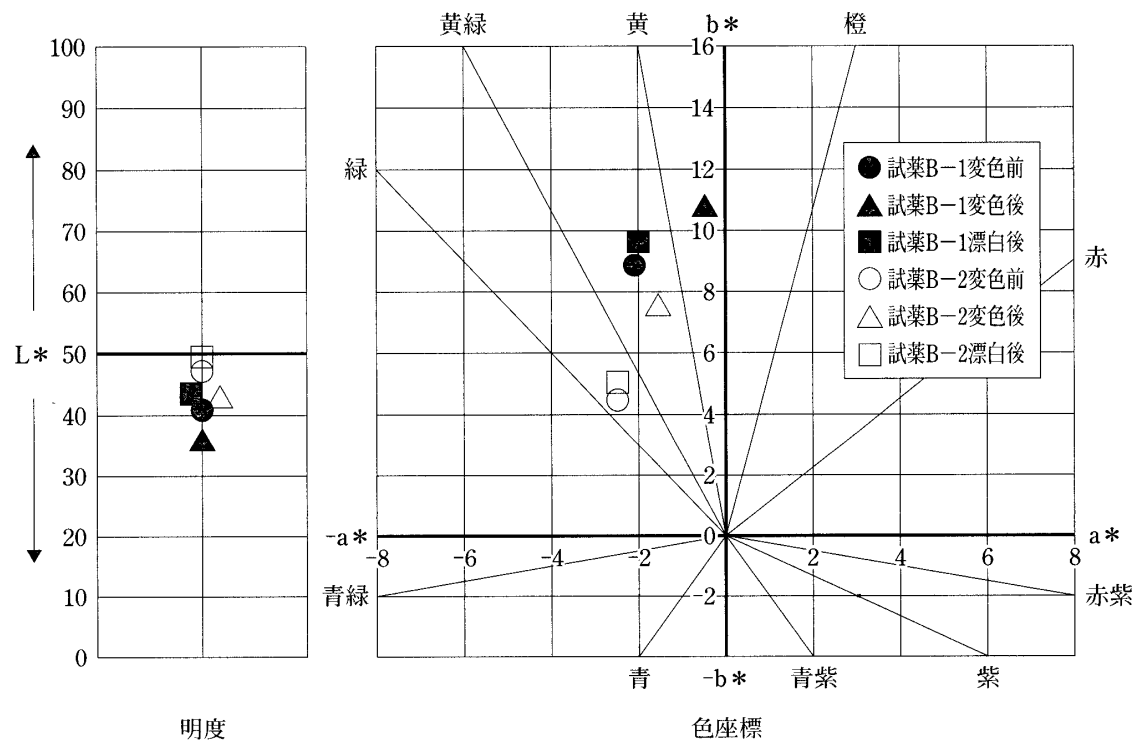


図3 試薬Bの着色前，着色後および漂白後の明度および色相，彩度の色座標

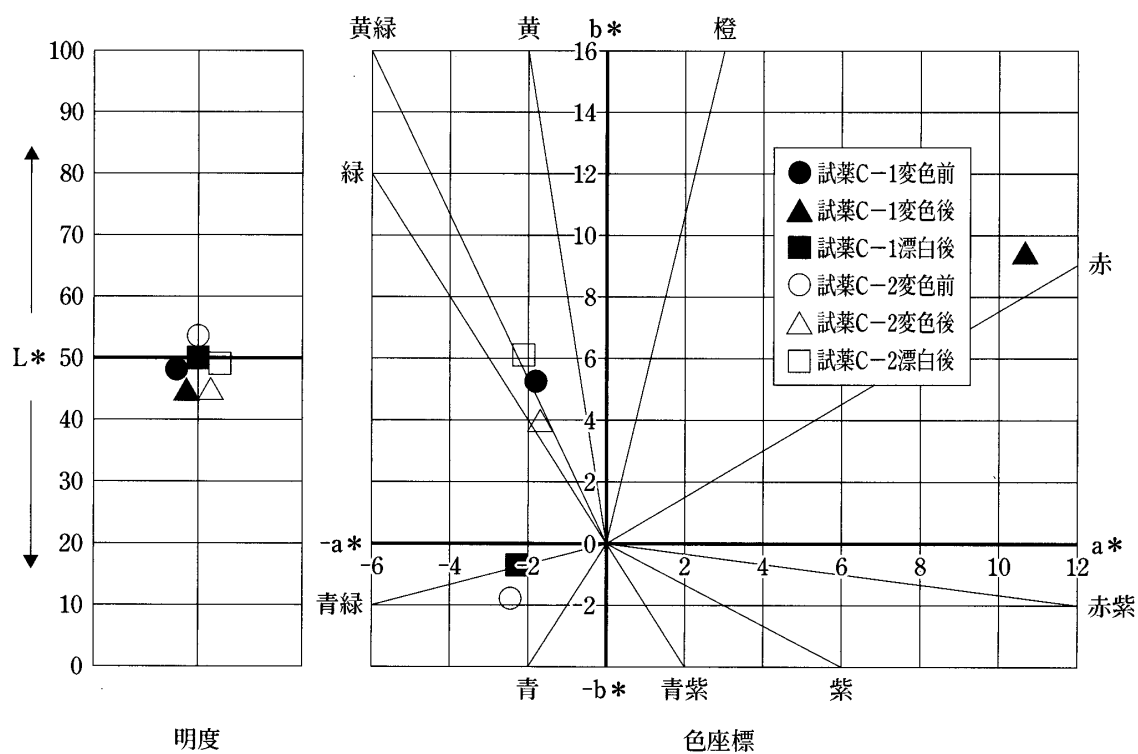


図4 試薬Cの着色前，着色後および漂白後の明度および色相，彩度の色座標

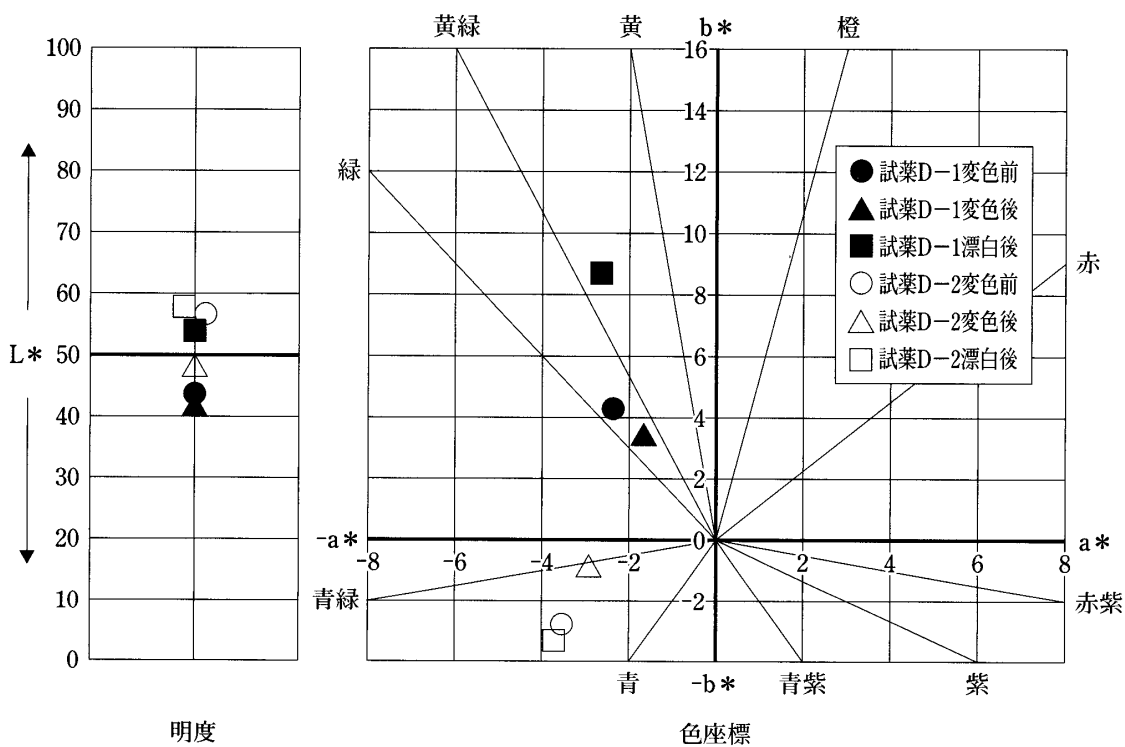


図5 試薬Dの着色前，着色後および漂白後の明度および色相，彩度の色座標

したものを図2～5に示す。

A-1 においての明度は変色前52.64, 変色後46.68, 漂白後は55.44であった。また, 色差は変色前と変色後では14.52, 変色後と漂白後は16.50であった。

A-2 においての明度は変色前45.95, 変色後43.17, 漂白後は48.26であった。また, 色差は変色前と変色後では14.99, 変色後と漂白後は13.85であった。

B-1 においての明度は変色前42.39, 変色後36.34, 漂白後は43.70であった。また, 色差は変色前と変色後では6.44, 変色後と漂白後は7.86であった。

B-2 においての明度は変色前47.01, 変色後43.28, 漂白後は49.49であった。また, 色差は変色前と変色後では5.36, 変色後と漂白後は6.35であった。

C-1 においての明度は変色前48.22, 変色後45.03, 漂白後は50.16であった。また, 色差は変色前と変色後では15.87, 変色後と漂白後は17.97であった。

C-2 においての明度は変色前50.43, 変色後45.32, 漂白後は49.65であった。また, 色差は変色前と変色後では8.98, 変色後と漂白後は6.56であった。

D-1 においての明度は変色前43.47, 変色後41.57, 漂白後は54.50であった。また, 色差は変色前と変色後では2.80, 変色後と漂白後は14.73であった。

D-2 における明度は変色前57.02, 変色後48.88, 漂白後は57.86であった。また, 色差は変色前と変色後では8.28, 変色後と漂白後は9.41であった。

## 2. 色座標 (CIELAB表色系)

A-1 において変色前の色相は青色系の色相を示し, 変色後は黄色系の色相であり, 漂白後は緑色系の色相を示した。

A-2 において変色前の色相は青緑色系の色相を示し, 変色後は橙色系の色相であり, 漂白後は緑色系の色相を示した。

B-1 において変色前の色相は黄緑色系の色相を示し, 変色後は黄色系の色相であり, 漂白後は

表5 無漂白と漂白後の象牙質の硬さ

試料	無漂白	漂白後
A-3	58.10±0.53	54.07±0.32
A-4	53.90±0.36	52.13±0.55
B-3	55.93±0.40	53.07±0.51
B-4	59.03±0.55	57.03±0.31
C-3	58.10±0.56	51.13±0.55
C-4	57.10±0.51	53.10±0.56
D-3	54.00±0.55	50.10±0.53
D-4	57.00±0.44	50.63±0.32

ブリネル硬さ (HB 1.5/20/30)

黄緑色系の色相を示した。

B-2 において変色前の色相は緑色系の色相を示し, 変色後は黄緑色系の色相であり, 漂白後は緑色系の色相を示した。

C-1 において変色前の色相は黄緑色系の色相を示し, 変色後は赤色系の色相であり, 漂白後は青緑色系の色相を示した。

C-2 において変色前の色相は青緑色系の色相を示し, 変色後と漂白後は共に黄緑色系の色相を示した。

D-1 において変色前と変色後の色相は共に緑色系の色相を示し, 漂白後の色相は黄緑色系の色相を示した。

D-2 において, 変色前と漂白後の色相は共に青色系の色相を示し, 変色後は青緑色系の色相を示した。

## 3. ブリネル硬さ (HB 1.5/20/30)

無漂白と漂白後における象牙質の硬さの結果を表5に示す。無漂白と漂白後の硬さの差はA-3は4, A-4は2, B-3は3, B-4は2, C-3は7, C-4は4, D-3は4, D-4は6と, いずれもわずかではあるが漂白後に硬さが低下していた。

## 考 察

本研究は従来の30%過酸化水素水と過ホウ酸ナトリウムを使用するウォーキングブリーチ法とは異なった漂白剤の検索を目的として, ヒト抜去切歯を人工的に変色させて漂白を行ったものである<sup>35)</sup>。なお, 本研究で使用した漂白剤には, 歯磨剤の成分を用いた。歯磨剤はブラッシング後に吐

き出しても成分の一部が口腔内に残留することが知られており、その一部が口腔粘膜に吸着しても、その安全性<sup>36)</sup>はすでに証明されている。したがって、歯磨剤の成分を漂白剤として用いても歯肉に損傷を与える恐れはない。そこで、一般に歯磨剤の構成成分として用いられている薬剤を4種類(A～D群)の組み合わせとして使用し、それらの漂白効果、すなわち明度と色差を測定した。さらに、これら漂白剤の歯質に対する影響を調べるために無漂白と漂白後の象牙質の硬さを測定した。

### 1. 明度(L\*)と色差( $\Delta E^*ab$ )

歯はその人の栄養状態や年齢などによって歯質が異なる。したがって同じ条件で変色剤を用いて変色を行っても、また、漂白剤を用いて漂白を試みても、その変化の程度は当然同じにはならない。さらに、変色前と変色後および漂白後の写真を観察すると、全ての過程において色調に変化を来しているとは言え、写真は同じ時に現像を行うことは不可能なので、現像時の現像剤の濃度や温度などいろいろな条件が異なることから、実際の色調を写真で再現するのは困難である<sup>37)</sup>。そこで客観的に評価することを目的として、JIS Z 8722規定に準拠したCIELAB表色系の測色計で、あらかじめ作成されているコンピューターソフトによりL\*, a\*およびb\*<sup>38)</sup>を測定して、各被験歯ごとに色差を求めた。

明度は色の明るさの度合いであるが、無彩色の要素だけでなく色相や彩度の色の三属性との関係を持つことは図2～5の色座標に示した通りである。色差においては、色許容差の設定基準<sup>39)</sup>に記されているように色差が1.2以上になると、100人が100人とも差があると判断することから、今回漂白剤として用いたA, B, CおよびD群の薬剤の組み合わせでは、全て漂白後の色差はこの基準を十分に満している。色差は色相、明度および彩度における色調の差であり、明度差は白と黒の差である。明度差をみると、変色後と漂白後ではA-1は8.76, A-2は5.09, B-1は7.36, B-2は6.21, C-1は5.13, C-2は4.33, D-1は12.93, D-2は8.98といずれも明度は上昇しており、漂白効果が表れたものと考えている。

色座標におけるL\*, a\*およびb\*による色の表示は、光電的原理を応用して物体からの光の反射光や透過光の強さを計測して定められた法則で計算され、数値で表わされたものである。したがって、これらL\*, a\*およびb\*は色立体空間上に三次元立体座標として表されるが、本研究ではとくに、a\*, b\*の二次元色座標について検討を加えた。A-1, A-2, B-1, B-2, C-1, C-2, D-1およびD-2についての色座標で色相と彩度を見ると、変色前は青または緑系の寒色ないし中性色を示し、変色後は黄または赤系の暖色を示しているが、漂白後には再び青または緑系の寒色ないし中性色を示していることから、漂白後は再び変色前の色調に戻っていることが推察される。

なお、斎藤<sup>35)</sup>はヒト抜去天然歯における無髄歯を用いて、30%過酸化水素水と過ホウ酸ナトリウムで漂白を行い、変色後および漂白後の測色を行った。その結果、a\*は黄色から青色方向へ移行し、b\*も青色方向へ移行したと本研究と同様の報告をしている。

漂白作用の機序<sup>40,41)</sup>としてはまだ十分に解明されていないが、漂白剤が象牙質と直接接触し髄腔内の象牙細管孔から細管内に侵入し、水と有機成分が約30%を占める象牙質内で漂白剤に含まれる不安定な過酸化物が、さらに不安定なフリーラジカル<sup>43)</sup>に分解されて有機性着色に化学的に作用し、低分子で着色の少ない組成成分へ変色させ、漂白効果を発現するのではないかと考えられる。

本研究で洗浄作用などの目的として用いた薬剤の効能を調べると、ラウリル硫酸ナトリウムやラウロイルサルコシンナトリウムなどが、歯の表面の歯垢や着色などの汚れを落とすものと推察される。すなわちラウリル硫酸ナトリウムやラウロイルサルコシンナトリウムは陰イオン界面活性剤であり、蛋白質に対して極めて高い親和性をもち、同重量以上のラウリル硫酸ナトリウムが結合して蛋白質を変性させる<sup>43,44)</sup>。この変性の産物は水に可溶であり純水中では8 mMを越えるミセルを形成し、単分子状に溶けているものの溶度は頭打ちになる。溶解度は極めて高いが10℃以下ではミセル形成能を失うため、急激に低下する。

また、その他に用いたカルボキシメチルセルロースナトリウムは液体成分と固体成分の分離を防ぐ塩基性蛋白質の分離に最適のイオン変換セルロースとして多くの使用例<sup>43)</sup>がある。ヒドロキシル基の40%以上をカルボキシメチル基で置換されたものは水に可溶となり安定な高粘度コロイド溶液を作るものであり、ラウロイルサルコシナトリウムは、ヘキソナーゼとアルドラーゼに対する粘膜剤、乳酸発酵を阻害し、う蝕を抑制する。また、液体として用いたグルコン酸クロルヘキシジンは、細菌などによる腐食を防ぐために用いたもので、塩酸アルキルジアミノエチルグリシンはこれら薬剤の変質防止に用いたものである。したがって、今回歯をより白くしたと考えられる薬剤は、ラウリル硫酸ナトリウムとラウロイルサルコシナトリウムの関与が主因と推察される。明度において、変色前よりも漂白後の明度値が高くなっていることについて考えると、細管中の組織が壊死状態になり変色を来した場合に今回用いた漂白剤がこれらの着色物を除去したものである。

4種類の組み合わせにおいて操作性の点からみると、A群は練和後の流動性が強く貼薬時の操作が難しいと思われた。B群においてはA群およびC群と比較しても粘性が安定しており貼薬時の操作が良好であった。C群において粘性は他群と比較して安定していると思われたが、ペーストの硬化がより早く操作にやや難があると思われた。D群においては貼薬時の粘性およびペーストの硬化に関しても他群と比較して最も操作性に優れていた。

## 2. ブリネル硬さ

ウォーキングブリーチ法やオフィスブリーチなどの漂白法は30%の過酸化水素水や過酸化尿素を用いるため、酸の脱灰作用<sup>45)</sup>により当然歯質は脆弱になる。今回、行った漂白は歯磨剤にも用いられている薬剤なので硬さが低下するとは考えられなかった。しかし、ブリネル硬度計<sup>46)</sup>を用いて測定した結果、漂白後の象牙質の硬さが低下していたことから、これらの薬剤が作用したのではないと思われる。象牙質の硬さは歯によって個人差があるためまったく一定ではない。また、同じ歯

においても象牙質の厚さによって硬さは異なると考えられる。岡山ら<sup>34)</sup>はウォーキングブリーチ法で漂白した歯に対してエナメル象牙境からの深さを測定し、象牙質の厚さが薄くなる程ヌーブ硬さが低下していくと報告している。しかし、漂白前と漂白後では硬さが低下した被検歯もあれば低下していない被検歯もあり、著明な変化は見られなかったとも報告している。本研究で象牙質の硬さが低下した理由として考えられることは、死歯であるために象牙細管中の組織が壊死になり、この壊死組織中の有機成分とラウリル硫酸ナトリウムやラウロイルサルコシナトリウムが結合し水に可溶性物質に変化した結果<sup>43)</sup>象牙質に空間が生じ、そのために象牙質の硬さが低下したと思われる。

以上のことを結果的に見てみると、明度と色差においては歯の個人差によって漂白後の明度と色差は異なるが、色許容差の設定基準においても明らかに変色後と漂白後では差があり、今回用いたA、B、CおよびD群は多少象牙質の硬さを低下させるとはいえ、漂白剤として、十分用いることができると思われる。

## 結 論

ヒト抜去切歯を、タンニン酸ヒツジ赤血球を用いて人工的に変色させ、A、B、CおよびD群の4種類の漂白剤を用いて漂白を行い、その漂白効果を調べた結果次の結論を得た。

1. A、B、CおよびD群のいずれにおいても、変色後よりも漂白後の明度が上昇した。
2. 色差において変色後と漂白後の色許容差は設定基準の数値1.2以上を十分に満たしていた。
3. 4種類の薬剤のなかでD群が最も操作性に優れていた。

4. ブリネル硬さにおいて無漂白よりも漂白後の象牙質の硬さが低下していた。

以上の結果より、A、B、CおよびD群のいずれにおいても硬さが多少低下しているとはいえ4群とも漂白効果が得られ、さらにD群の操作性が他群より優れていることより漂白剤として有効であることが示唆された。

## 謝 辞

稿を終えるに臨み、御懇篤な指導と御校閲を賜りました本学歯科保存学第Ⅱ講座主任天野義和教授ならびに本研究の遂行にあたり終始格別な御指導、御助言を賜りました本学歯科薬理学講座主任五十嵐治義教授に謹んで感謝の義を表します。また数々の御協力を戴いた講座員各位に感謝いたします。

本論文の要旨は第114回日本歯科保存学会（2001年5月横須賀市）および第31回奥羽大学歯学会（2001年6月郡山市）において発表した。

## 文 献

- 1) 羽賀通夫：エステティックデンティストリー 審美歯科の臨床；35-45 1981.
- 2) Haywood, V. B. and Haymann, H. O. : Night-guard vital bleaching. *Quintessence* **20** ; 173-176 1989.
- 3) Haywood, V. B. : Nightguard vital bleaching current information and research. *Esthetic Dentistry Update* **1** ; 20-25 1990.
- 4) Darnel, D. H. and Moore, W. C. : Vital tooth bleaching the white and brite technique. *Compendium* **912** ; 86-94 1990.
- 5) Haywood, V. B. : Overview and status of mouthguard bleaching. *Esthetic Dentistry* **3** ; 157-161 1991.
- 6) 松本光吉, 平山 健 : Home Bleaching. 歯の漂白 デンタルフォーラム ; 65-71 1992.
- 7) 妻鹿純一, 水川一廣 : 生活歯の漂白 (1) ホームブリーチングとオフィスブリーチング. 歯界展望 **84** ; 675-685 1994.
- 8) Haywood, V. B. : Considerations and variations of dentist prescribed, home-applied vital tooth-bleaching techniques. *Compendium* **17** ; 616-621 1994.
- 9) Goldstein, R. E. and Garber D. A. : Complete dental bleaching. *Quintessence* ; 71-100 1995.
- 10) Fischer, D. : Vital bleaching for aesthetic improvement. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry* **7** ; 61-64 1995.
- 11) Frank, A. : Bleaching of vital and nonvital teeth. *Pathways of the pulp* 2nd ed. (Eds, Cohen, S. and Burns, R. C.) CV Mosby St Louis ; 568-569 1980.
- 12) Feiglin, B. : 6-year study of clinically chemically bleached teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* **63** ; 610-613 1987.
- 13) Rotstein, I., Mor, C. and Friedman, S. : Prognosis of intracoronary bleaching with sodium perborate *in vitro* : 1-year study. *J Endod* **19** ; 10-12 1993.
- 14) Liebenberg, W. H. : Intracoronary lightning of discolored pulpless teeth. A modified walking bleach technique. *Quintessence Int* **28** ; 771-777 1997.
- 15) Smigel, I. : Laser tooth whitening. *Dentistry Today* **15** ; 32-36 1996
- 16) 近藤隆一, McLaughlin, G., Freedman, G. A. : カラーアトラス 11章 アドバンストケース ; 59-68 医歯薬出版 東京 1999.
- 17) 久光 久, 東光照夫 : 歯を白くする ホワイトニング 第1版 ; 50-82 永末書店 京都 1998.
- 18) Torneck, C. D., Titley, K. C., Smith, D. C. and Adibfar, A. : The influence of time of hydrogen peroxide exposure on the adhesion of composite resin to bleached bovine enamel. *J Endod* **16** ; 123-128 1990.
- 19) Torneck, C. C., Titley, K. C. and Smith, D. C. : Adhesion of light cured composite resin to bleached and unbleached bovine dentin. *Endod Dental Traumatol* **6** ; 97-103 1990.
- 20) Cullen, D. R., Nelson, J. A. and Sandrick, J. L. : Peroxide bleaches effect on tensile strength of composite resins. *J Prosthet Dent* **69** ; 247-249 1993.
- 21) Garcia-Godoy, F., Dodge, W. W., Donohue, M. O. and Quinn, J. A. : Composite resin bond strength after enamel bleaching. *Oper Dent* **18** ; 144-147 1993.
- 22) Bishara, S. E., Sulieman, A. H. and Olson, M. : Effect of enamel bleaching on the bonding strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **104** ; 444-447 1993.
- 23) Dishman, M. V., Covey, D. A. and Baughan, L. W. : The effects of peroxide bleaching on composite to enamel bond strength. *Dent Mater* **10** ; 33-36 1994.
- 24) 近藤隆一, McLaughlin, G., Freedman, G. A. : カラーアトラス 第5章 オフィスブリーチング ; 22-30 医歯薬出版 東京 1999.
- 25) Harrington, G. W. and Natkin, E. : External resorption associated with bleaching of pulpless teeth. *J Endod* **5** ; 344-488 1979.
- 26) Lado, E. A., Stanley, H. R. and Weisman, M. L. : Cervical resorption in bleached teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* **55** ; 78-80 1983.
- 27) Goon, W. W., Cohen, S. and Borer, R. F. : External cervical root resorption following bleaching. *J Endod* **12** ; 414-418 1986.
- 28) Latham, N. L. : Postbleaching cervical resorption. *J Endod* **12** ; 262-264 1986.
- 29) Madison, S. and Walton, R. : Cervical root resorption following bleaching of endodontically treated teeth *J Endod* **16** ; 570-574 1990.

- 30) Rotstein, I. and Friedman, S. : pH variations among materials used for intracoronal bleaching. *J Endod* **17** ; 376-379 1991.
- 31) Weiger, R., Kuhn, A. and Lost, C. : Effect of various types of sodium perborate on the pH of bleaching agents. *J Endod* **19** ; 239-241 1993.
- 32) Heithersay, G. S., Dahlstrom, S. W. and Marin, P. D. : Incidence of cervical resorption in bleached root-filled teeth. *Aust Dent J* **39** ; 82-87 1994.
- 33) Christensen, G. : Clin Res Ass Newsletter **19** ; 1-6 1995.
- 34) 岡山佐喜子, 山本由美子, 竹内哲雄, 力田晶計ほか : Walking Bleach法を行った歯牙の硬度について. 鶴見歯学誌 **7** ; 161-167 1981.
- 35) 斎藤 淳 : 無髄歯変色の機序とその漂白に関する基礎的研究. 日歯保誌 **36** ; 1783-1793 1993.
- 36) 飯塚喜一, 丹羽源男 : 歯磨剤を科学する - IX 歯磨剤の安全性 - (日本歯磨工業会編) 第1版 ; 110-113 学建書院 東京 1994.
- 37) 鈴木良茂, 橋本幸扶, 松村 肇, 天野義和ほか : 口腔内写真における各種フィルムによる歯冠および歯肉の色再現性の違いについて. 歯の色彩 **3** ; 25-30 1996.
- 38) F, A. Mulla. and S, Weiner. : Effects of temperature on color stability of porcelain stains. *J Prosthet Dent* **65** ; 507-512 1991.
- 39) 平井敏夫 : 色彩管理の基礎と色差計の活用. 第1版 ; 21-25 日本電色工業 東京 1983.
- 40) Pearson, H. : Bleaching of the discolored pulpless tooth. *J Am Dent Assoc* **56** ; 64-68 1958.
- 41) Dawes, C., Jenkin, G. N. and Tonge, C. H. : The nomenclature of the integuments of the enamel surface of teeth. *Br Dent J* **115** ; 65-67 1963.
- 42) 久光 久, 東光照夫 : 実践歯学ライブラリー 白い歯願望 - 歯の漂白法の最前線. *Dental Diamond* **17** ; 37-38 1998.
- 43) 荒川浩久, 梅本俊央, 上田五男, 可児徳子 : フッ化物配合歯磨剤とフッ化物洗口剤. 齲蝕 2, - 予防の理論と臨床 - (飯塚喜一, 小西浩二, 堀井欣一 監訳) 第1版 ; 82-105 学建書院 東京 1987.
- 44) 相内敏弘, 相見則郎, 相本三郎, 青木延雄 : ドデシル硫酸ナトリウム (SDS), 生化学辞典 (石塚稲夫, 金ヶ崎士郎, 近藤洋一編) 第2版 ; 923 東京化学同人 東京 1990.
- 45) Albers, H. F. : Home bleaching. *ADEPT Report* **2** ; 9-17 1991.
- 46) 金竹哲也 : 歯科材料の機械的性質 歯科理工学通論 3. 第3版 ; 28-45 永末書店 京都 1968.
- 著者への連絡先 : 町田 操, (〒963-8611) 郡山市富田町字三角堂31-1 奥羽大学歯学部歯科保存学第II講座  
Reprint requests : Misao MACHIDA, Department of Endodontics, Ohu University School of Dentistry 31-1 Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, Japan